

光周期和温度对大猿叶虫滞育后成虫生物学特性的影响

王小平^{1,3}, 薛芳森^{2*}, 戈峰¹, 周程爱³, 游兰韶³

(1. 中国科学院动物研究所, 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100080;

2. 江西农业大学昆虫研究所, 南昌 330045; 3. 湖南农业大学植物保护学院, 长沙 410128)

摘要:大猿叶虫 *Colaphellus bowringi* Baly 是我国十字花科蔬菜上的一种重要害虫, 以成虫在土壤中越冬和越夏, 滞育发生主要受温度和光周期调节。本文就光周期和温度对滞育后成虫生物学特性的影响进行了研究。结果表明, 在 25℃ 下, 光周期 (L14:D10 和 L12:D12) 对成虫滞育后的存活率、寿命、日平均产卵量、总产卵量均无显著影响。在长光照 (L14:D10) 下, 温度 (18℃、22℃ 和 25℃) 对滞育后成虫的生物学特性具有明显的影响, 随温度的降低, 总产卵量呈下降趋势, 平均产卵量显著降低, 雌虫滞育后寿命显著延长, 18℃ 下少数个体能被诱导再次滞育。

关键词: 大猿叶虫; 滞育后成虫; 光周期; 温度; 寿命; 存活率; 产卵量

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2005)02-0285-05

Effects of photoperiod and temperature on the life-history traits of post-diapause adults in the cabbage beetle, *Colaphellus bowringi* Baly

WANG Xiao-Ping^{1,3}, XUE Fang-Sen^{2*}, GE Feng¹, ZHOU Cheng-Ai³, YOU Lan-Shao³ (1. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China; 2. Institute of Entomology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 3. College of Plant Protection, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: The cabbage beetle *Colaphellus bowringi* Baly is a serious pest of crucifers in China. The beetle aestivates and hibernates as adult in the soil. The incidence of diapause is mainly controlled by temperature and photoperiod. Effects of photoperiod and temperature on the life history traits of post-diapause adults in *C. bowringi* were investigated under laboratory conditions. At 25℃, survivorship, longevity, daily egg production, mean number of eggs laid per female per day and total number of eggs laid per female of post-diapause adults had no significant difference between under L14:D10 and under L12:D12. Under L14:D10, the life-history traits of post-diapause adults differed significantly at different temperatures (18℃, 22℃, 25℃). The total number of eggs laid and mean number of eggs laid per female per day of post-diapause adults decreased, whereas the longevity of females significantly increased with temperature decreasing. Diapause could be reinduced in a few individuals at 18℃.

Key words: *Colaphellus bowringi*; post-diapause adult; photoperiod; temperature; longevity; survivorship; egg production

滞育是昆虫和螨类度过不良环境的一种重要生活史对策, 主要由遗传因子和环境因子共同调控。长期以来, 存在于昆虫和螨类中的滞育现象得到昆虫学家的广泛关注, 但在很长一段时间内, 昆虫和螨类滞育后发育的研究未引起足够重视。光周期、温度和食料等因子, 不仅影响到昆虫或螨类的滞育诱

导、维持与解除, 也影响昆虫或螨类的滞育后生物学特性 (Tauber *et al.*, 1986; Danks, 1987)。一些研究已表明, 滞育结束后, 温度是调节昆虫生长发育的主要因子, 光周期的影响则较小, 但在一些以成虫滞育的昆虫中, 光周期可能影响滞育后成虫的产卵, 甚至会诱导再次进入滞育 (de Wilde *et al.*, 1959; Tauber

基金项目: 国家自然科学基金项目 (3046007); 中国科学院创新工程方向项目 (KSCX2-01-2, KSCX2-sw-103 和 KSCX3-IOZ-04)

作者简介: 王小平, 男, 1972 年 5 月生, 湖北房县人, 博士, 副研究员, 研究方向为昆虫滞育生理生态学, E-mail: wang-hn@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: fangsen@nc.jx.cn

收稿日期 Received: 2004-08-09; 接受日期 Accepted: 2004-12-16

et al. , 1970 ; Dingle , 1974 ; Hodek *et al.* , 1977 ; Numata and Hidaka , 1982 ; Tauber *et al.* , 1986 ; Danks , 1987 ; Fantinou *et al.* , 2004) 。 目前 , 这方面的研究有待丰富。

大猿叶虫 *Colaphellus bowringi* Baly 是我国十字花科蔬菜上的一种重要害虫 , 以成虫在土壤中越冬和越夏 , 生活史极其复杂 , 存在分散繁殖现象(Xue and Kallenborn , 1993 ; 薛芳森等 , 2002) 。 温度和光周期是决定其滞育发生的主要因子 , 温度 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 时 , 无论光周期如何 , 成虫均进入滞育 ; 温度 $> 20^{\circ}\text{C}$ 时 , 存在光周期反应(Xue *et al.* , 2002 ; Wang *et al.* , 2004) 。 本研究旨在探明大猿叶虫滞育解除后 , 滞育诱导因子对滞育后成虫生物学特性的影响 , 为该虫的生态控制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试虫

2001 年 11 月下旬从江西省修水县($29^{\circ}1' \text{N}$, $114^{\circ}4' \text{E}$) 桑园萝卜地采集大猿叶虫成虫 , 置于玻璃缸内入土滞育 , 保存于自然条件下。以 2002 年 9 月 9 ~ 10 日滞育解除后出土繁殖的滞育后成虫(滞育持续期约为 9 个月) 进行实验。

1.2 实验方法

实验设 4 个处理 , 分别为 : 温度 25°C 、光周期 L12:D12(抑制滞育的光周期) ; 温度 25°C 、光周期 L14:D10(诱导滞育的光周期) ; 温度 22°C 、光周期 L14:D10 和温度 18°C 、光周期 L14:D10 。实验在 LRH-250-CS 型光照培养箱中进行 , 光照强度为 500 ~ 700 lx , 温度变动幅度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 相对湿度维持在 70% ~ 80% 左右。

将同一天出土的滞育后成虫雌雄配对 , 每对放入盛有保湿滤纸的养虫盒(直径约为 9 cm) 内 , 以萝卜 *Raphanus sativus* 叶片饲养 , 每处理观察 40 ~ 60 对成虫。详细记载出土时间、产卵始期、每日产卵量和雌雄个体死亡时间。保湿滤纸上出现挖掘痕迹时 , 参考 Xue (2002) 的判别方法 , 对成虫进行滞育判别。实验期间每天更换饲料。

1.3 再次滞育的判断

再次进入滞育的成虫停止取食 , 并在保湿滤纸上造成挖掘痕迹 , 放入盛有土壤的瓶中 , 立即钻入土中蛰伏。

1.4 数据处理

采用 SAS 程序包(SAS institute , Cary , NC) 对滞育后成虫寿命、总产卵量和平均产卵量进行方差分析 , 选用 Duncan ' s 法比较 , 显著水平 $P = 0.05$ 。图形采用 Excel 软件绘制。

2 结果和分析

2.1 光周期对大猿叶虫滞育后成虫生物学特性的影响

从表 1 可知 , 长光照(L14:D10) 和短光照(L12:D12) 处理间 , 滞育后雄虫寿命($F = 0.78$; $df = 1$, 100 ; $P = 0.3805$) , 雌虫寿命($F = 0.10$; $df = 1$, 100 ; $P = 0.7522$) , 总产卵量($F = 0.12$; $df = 1$, 93 ; $P = 0.7344$) 和日平均产卵量($F = 0.00$; $df = 1$, 93 ; $P = 0.9477$) 均没有显著差异。两处理间 , 滞育后成虫产卵动态和雌雄虫存活率 , 也趋于一致 , 无明显差异。这些结果表明 , 光周期对滞育后成虫生物学特性没有显著影响。

表 1 不同光周期下大猿叶虫滞育后成虫的生活史参数(25°C)
Table 1 Life history parameters of post-diapause adults of the cabbage beetle ,
C. bowringi , under different photoperiods at 25°C

光周期 Photoperiod	雄虫寿命(天) Longevity of male (d)	雌虫寿命(天) Longevity of female (d)	总产卵量(粒/雌) Total number of eggs laid (per female)	日平均产卵量(粒/雌/天) Mean number of eggs laid per female per day
L14:D10	16.2 \pm 9.0a	19.5 \pm 9.7a	781.3 \pm 551.6a	44.1 \pm 14.6a
L12:D12	17.8 \pm 9.8a	18.9 \pm 11.8a	823.1 \pm 634.1a	43.9 \pm 14.4a
方差分析 Variance analysis	$F = 0.78$ $df = 1$, 100 $P = 0.3805$	$F = 0.10$ $df = 1$, 100 $P = 0.7522$	$F = 0.12$ $df = 1$, 93 $P = 0.7344$	$F = 0.00$ $df = 1$, 93 $P = 0.9477$

注 : 表中数据为平均值 \pm 标准差 , 数据后标有不同字母表示差异显著($P < 0.05$, Duncan ' s 检验) 。
Notes : The data in the table are mean \pm SD deviation and those followed by different letters differ significantly by Duncan ' s test ($P < 0.05$) .

2.2 温度对大猿叶虫滞育后成虫生物学特性的影响

温度对滞育后成虫的生物学特性具有明显的影响,在长光照(L14:D10)下,随温度的降低,每日产卵量呈下降趋势,18℃下的日产卵量明显低于22℃和25℃下的日产卵量(图1)。滞育后雄虫存活率在出

土15天后,18℃下明显高于22℃和25℃(图2)。22℃和25℃下雌虫存活率在出土后30天内基本一致,但30天后,前者存活率高于后者;18℃下出土后50内的存活率明显高于22℃和25℃,且出土后75天左右有2头雌虫被再次诱导滞育(图3)。

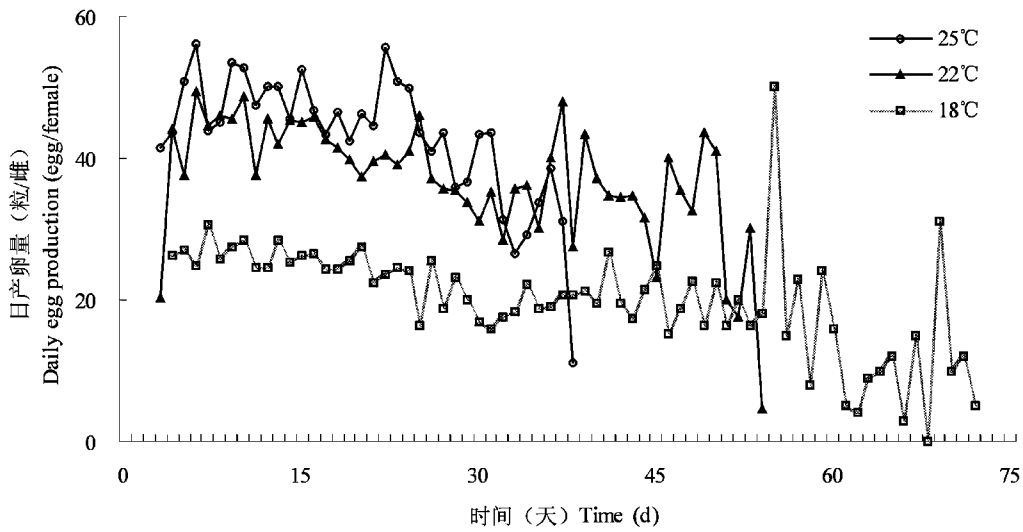


图1 不同温度下大猿叶虫滞育后成虫的日产卵量(L14:D10)
Fig. 1 Daily egg production of post-diapause adults of the cabbage beetle ,
C. bowringi , under L14:D10 at different temperatures

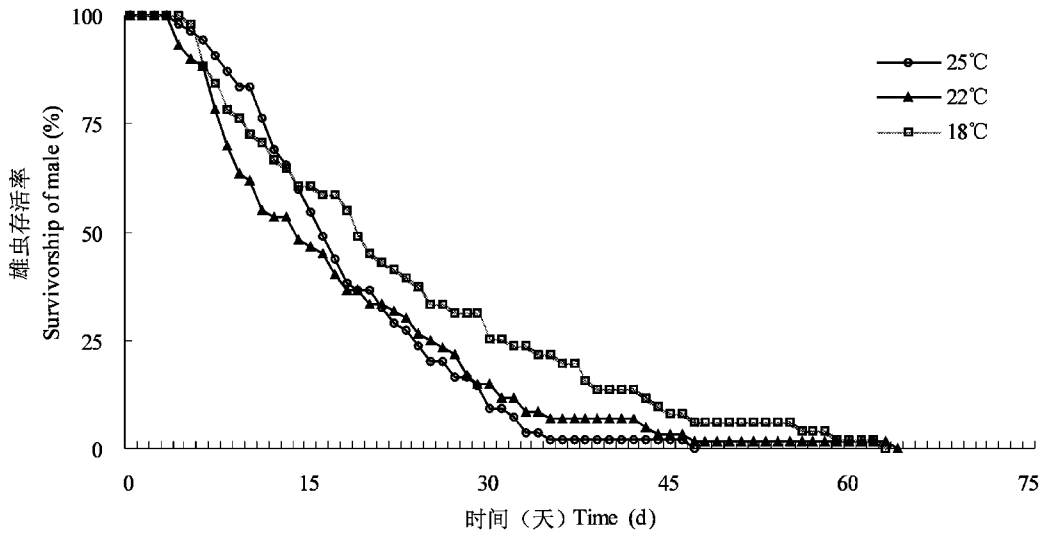


图2 不同温度下大猿叶虫滞育后雄成虫的存活率(L14:D10)
Fig. 2 Survivorship of post-diapause male-adults of the cabbage beetle ,
C. bowringi under L14:D10 at different temperatures

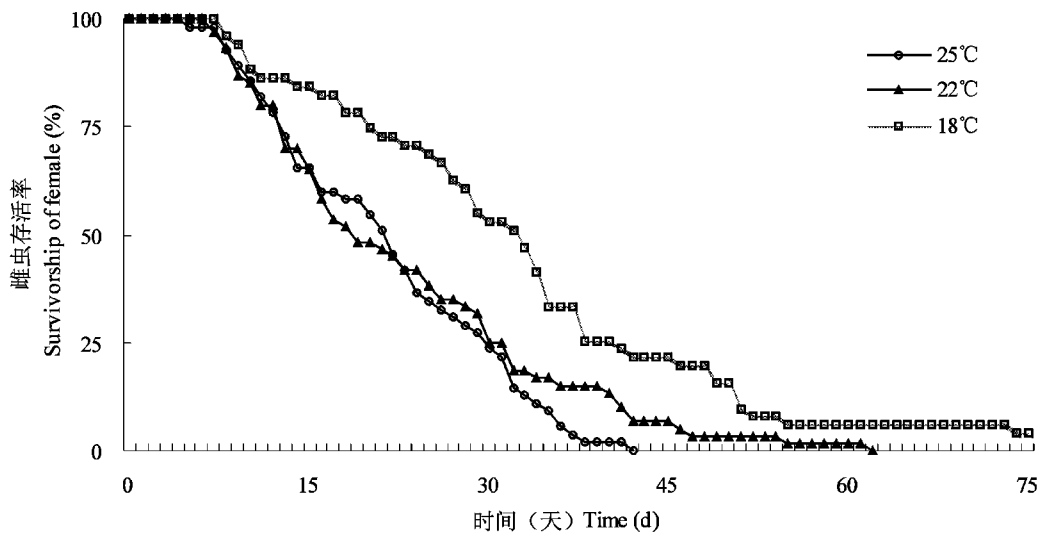


图 3 不同处理下大猿叶虫滞育后雌成虫的存活率(L14:D10)
Fig. 3 Survivorship of post-diapause female-adults of the cabbage beetle ,
C. bowringi under L14:D10 at different temperatures

表 2 不同温度下大猿叶虫滞育后成虫的生活史参数(L14:D10)
Table 2 Life history parameters of post-diapause adults of the cabbage beetle ,
C. bowringi , at different temperatures under L14:D10

温度(℃) Temperature	雄虫寿命(天) Longevity of male(d)	雌虫寿命(天) Longevity of female(d)	总产卵量(粒/雌) Total number of eggs laid per female	日平均产卵量(粒/雌/天) Mean number of eggs laid per female per day
25	16.2 ± 9.0 ab	19.5 ± 9.7 b	781.3 ± 551.6 a	44.1 ± 14.6 a
22	15.7 ± 12.5 b	21.1 ± 12.8 b	726.1 ± 621.6 a	38.5 ± 12.9 b
18	20.7 ± 15.1 a	29.0 ± 14.5 a	593.4 ± 371.8 a	23.1 ± 6.9 c
方差分析 Variance analysis	$F = 2.66$ $df = 2, 165$ $P = 0.0731$	$F = 8.56$ $df = 2, 163$ $P = 0.0003$	$F = 1.68$ $df = 2, 159$ $P = 0.1898$	$F = 41.35$ $df = 2, 159$ $P < 0.0001$

注 :表中数据为平均值 ± 标准差 ,数据后标有不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$,Duncan 's 检验)
Notes :The data in the table are mean ± SD and those followed by different letters differ significantly by Duncan 's test ($P < 0.05$).

由表 2 可知 ,雄虫滞育后寿命在不同温度下差异不显著 ($F = 2.66 ;df = 2,165 ;P = 0.0731$) ,但 18℃ 下雄虫滞育后寿命要长于 22℃ 和 25℃ 下的滞育后寿命。雌虫滞育后寿命随温度降低而延长 ,18℃ 下显著长于 22℃ 和 25℃ 下雌虫滞育后寿命 ($F = 8.56 ;df = 2,163 ;P = 0.0003$) ,但后两者间无显著差异。不同温度间总产卵量没有显著差异 ($F = 1.68 ;df = 2,159 ;P = 0.1898$) ,但随温度降低而呈下降趋势。不同温度间日平均产卵量差异显著 ($F = 41.35 ;df = 2,159 ;P < 0.0001$) ,25℃ 下最高 ,22℃ 下次之 ,18℃ 下最低。

3 讨论

我们的研究表明 ,在大猿叶虫中 ,温度 > 20℃ 时 ,存在光周期反应 ,长日照 (L14:D10)诱导滞育 ,短

日照 (L12:D12)抑制滞育 (Xue *et al.* ,2002 ;Wang *et al.* ,2004)。滞育后成虫寿命和产卵量在长日照 (L14:D10)和短日照 (L12:D12)处理下无显著差异 ,说明光周期对大猿叶虫滞育后成虫的生物学特性没有显著影响。这与马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (de Wilde *et al.* ,1959)、草蛉 *Chrysopa carnea* (Tauber *et al.* ,1970)和蝽 *Oncopeltus fasciatus* (Dingle ,1974)等以成虫滞育的昆虫相似 ,这些昆虫滞育后产卵率在长光照和短光照条件下是相似的。但西非大螟 *Sesamia nonagriodes* 从滞育幼虫羽化出来的成虫 ,在 25℃ 长光照 (L16:D8)和短光照 (L10:D14)下产卵量、产卵前期具有显著差异 ,成虫寿命没有差异 (Fantinou *et al.* ,2004) ;以成虫滞育的瓢虫 *Coccinella septempunctata* (Hodek *et al.* ,1977)、豆缘蝽 *Riptortus clavatus* (Numata and Hidaka ,1982 ;Numata ,1990)和甘蓝菜蝽 *Eurydema rugosa* (Ikeda-Kikue and

Numata ,1992)等昆虫 ,光周期影响滞育后的产卵 ,有时能再次诱导昆虫进入滞育。本研究中 ,在 25℃ 长光照(L14:D10)处理下 ,没有大猿叶虫成虫再次被诱导滞育 ,似乎大猿叶虫不能恢复对光周期的敏感性 ;但在 25℃ 下 ,滞育后成虫的寿命均未超过 60 天(图 2~3) ,可能滞育后成虫在光周期敏感性恢复之前已死亡 ,这种现象在甘蓝菜蚜 *E. rugosa* 中曾有报道 (Ikeda-Kikue and Numata ,1992)。

滞育结束后 ,温度是调节昆虫生长发育的主要因子(Tauber *et al.* ,1986 ;Danks ,1987)。在大猿叶虫中 ,温度是滞育诱导的决定因子(Xue *et al.* ,2002) ,本研究表明 ,温度也影响滞育后成虫的生殖力和寿命 ,低温下存活率高、寿命长 ,但随温度下降 ,产卵速率、总产卵量呈下降趋势 ,平均产卵量显著降低。这种现象可能与昆虫的成虫在较低的温度下虽能生存 ,寿命也较长 ,但其生殖受到抑制有关(许永玉等 ,2002)。不同温度处理中 ,在 18℃ 的低温下有少数大猿叶虫滞育后雌虫再次被诱导滞育 ,证实了薛芳森等(2002)报道的大猿叶虫滞育解除后成虫再次进入滞育的现象 ,说明滞育结束后经过一段时间大猿叶虫滞育后成虫对滞育诱导因子的敏感性能够恢复 ,并表明温度可能是诱导再次滞育的环境因子。这是一种非常有意义的现象 ,因为过去报道的滞育后成虫再次滞育均是由光周期诱导的。有关存在于大猿叶虫中的再次滞育的内在机理及生物学意义尚待进一步研究。

参 考 文 献 (References)

Danks HV ,1987. Insect dormancy : an ecological perspective. Biological Survey of Canada , Ottawa.

de Wilde J , Duintjer CS , Mook L , 1959. Physiology of diapause in the adult Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). I . The photoperiod as a controlling factor. *J. Insect Physiol.* , 3 : 75 – 85.

Dingle H , 1974. Diapause in a migrant insect , the milkweed bug *Oncopeltus fasciatus* (Dallas) (Hemiptera : Lygaeidae). *Oecologia* , 17 : 1 – 10.

Fantinou AA , Perdakis DC , Zota KF , 2004. Reproductive response to photoperiod and temperature by diapausing and nondiapausing populations of *Sesamia nonagrioides* Lef. (Lepidoptera-Noctuidae).

Physiol. Entomol. , 29 : 169 – 175.

Hodek I , Iperti G , Rolly F , 1977. Activation of hibernating *Coccinella septempunctata* (Coleoptera) and *Perilitus coccinellae* (Hymenoptera) and the photoperiodic response after diapause. *Entomol. Exp. Appl.* , 21 : 275 – 286.

Ikeda-Kikue K , Numata H , 1992. Effects of diet , photoperiod and temperature on the post-diapause reproductive in the cabbage bug , *Eurydema rugosa*. *Entomol. Exp. Appl.* , 64 : 31 – 36.

Numata H , 1990. Photoperiodic induction of the first and the second diapause in the bean bug , *Riptortus clavatus* : a photoperiodic history effect. *J. Comp. Physiol. A* , 167 : 167 – 171.

Numata H , Hidaka T , 1982. Photoperiodic control of adult diapause in the bean bug , *Riptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera : Coreidae). I . Resversible induction and termination of diapause. *Appl. Entomol. Zool.* , 17 : 530 – 538.

Tauber MJ , Tauber CA , Denys CJ , 1970. Diapause in *Chrysopa carnea* (Neuroptera : Chrysopidae). II . Maintenance by photoperiod. *Can. Entomol.* , 102 : 474 – 478.

Tauber MJ , Tauber CA , Masaki S , 1986. Seasonal adaptations of insect. New York and Oxford : Oxford University Press.

Wang X , Ge F , Xue F , You L , 2004. Diapause induction and clock mechanism in the cabbage beetle , *Colaphellus bowringi*(Coleoptera : Chrysomelidae). *J. Insect Physiol.* , 50 : 373 – 381.

Xu YY , Mu JY , Hu C , Xi DQ , 2002. Effect of photoperiod and temperature on adult fecundity of *Chrysoperla sinica* (Tjeder). *Entomol. J. East China* , 11 : 39 – 43.[许永玉 , 牟吉元 , 胡萃 , 席敦芹 , 2002. 光周期和温度对中华通草蛉成虫生殖的影响. 华东昆虫学报 , 11 : 39 – 43]

Xue FS , Kallenborn HG , 1993. Dispersive breeding in agricultural pest insects and its adaptive significance. *J. Appl. Entomol.* , 116 : 170 – 177.

Xue FS , Li AQ , Zhu XF , Gui AL , Jiang PL , Liu XF , 2002. Diversity in life history of the leaf beetle , *Colaphellus bowringi* Baly. *Acta Entomol. Sin.* , 45 : 494 – 498.[薛芳森 , 李爱青 , 朱杏芬 , 桂爱礼 , 蒋佩兰 , 刘晓芬 . 2002. 大猿叶虫生活史的研究. 昆虫学报 , 45 : 494 – 498]

Xue FS , Spieth HR , Li AQ , Hua A , 2002. The role of photoperiod and temperature in determination of summer and winter diapause in the cabbage beetle , *Colaphellus bowringi* (Coleoptera : Chrysomelidae). *J. Insect Physiol.* , 48 : 279 – 286.

(责任编辑 : 袁德成)